

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad
Intelectual
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional
15 de Septiembre de 2005 (15.09.2005)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2005/085634 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes⁷: **F03D 7/04**

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/ES2005/000111

(22) Fecha de presentación internacional:
4 de Marzo de 2005 (04.03.2005)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
04380051.5 5 de Marzo de 2004 (05.03.2004) EP

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):
GAMESA EÓLICA, S.A., SOCIEDAD UNIPERSONAL [ES/ES]; Polígono Industrial Los Agustinos, Calle A s/n, E-31013 Pamplona (Navarra) (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente):
MARTÍNEZ DE LIZARDUY ROMO, Ma José [ES/ES]; C/O Gamesa Eólica, S.A. Sociedad Unipersonal, Polígono Industrial Los Agustinos, Calle A s/n, E-31013 Pamplona (Navarra) (ES). **LLORENTE GONZÁLEZ, José Ignacio** [ES/ES]; C/O Gamesa Eólica, S.A. Sociedad Unipersonal, Polígono Industrial Los Agustinos, Calle A s/n, E-31013 Pamplona (Navarra) (ES).

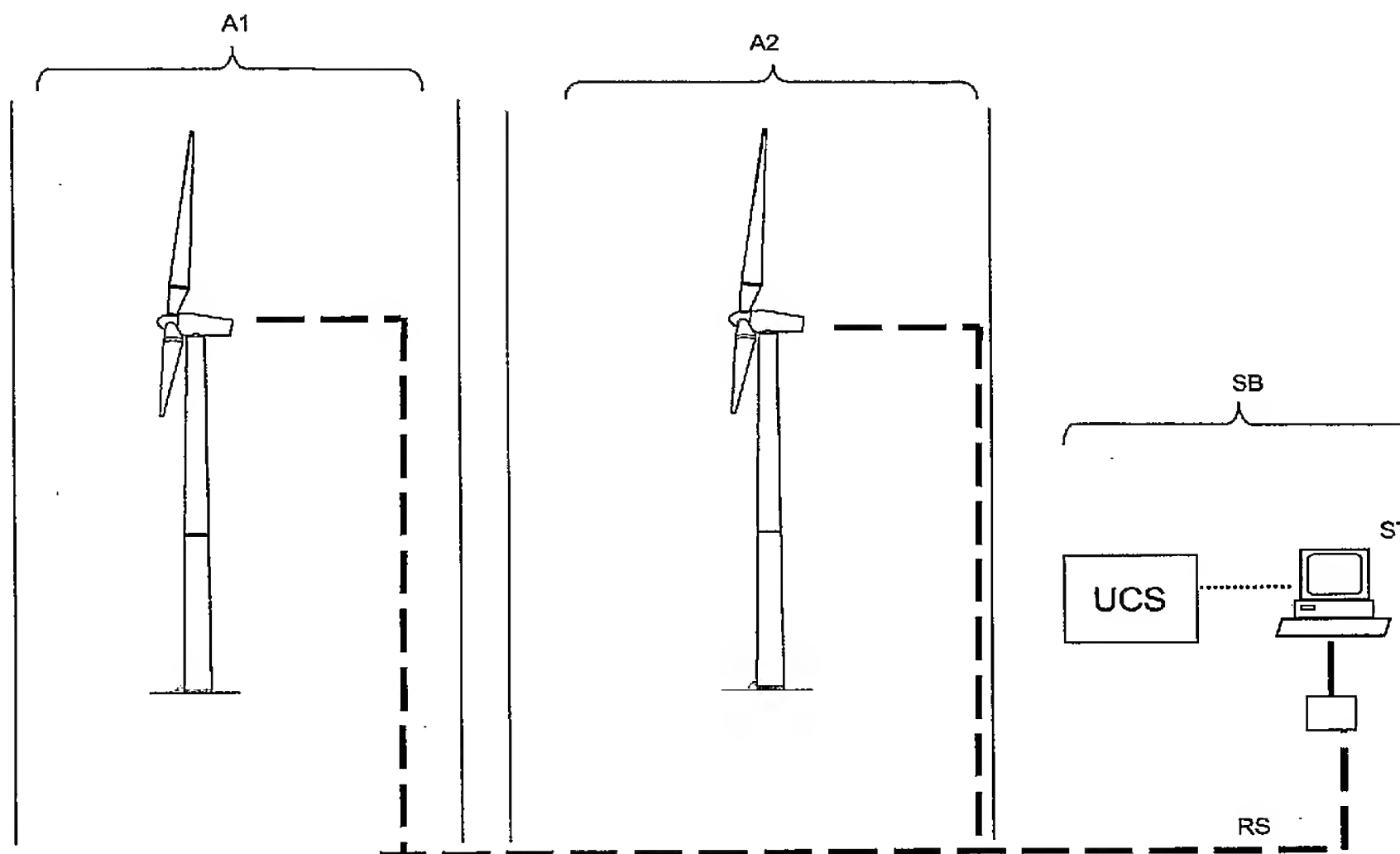
(74) Mandatarios: **CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel** etc.; C/O CLARKE, MODET & CO., C/ Goya, 11, 28001 MADRID (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: SYSTEM FOR REGULATING THE ACTIVE POWER OF A WIND FARM

(54) Título: SISTEMA DE REGULACIÓN DE POTENCIA ACTIVA DE UN PARQUE EÓLICO



(57) Abstract: The invention relates to a method and system for regulating the active power of a wind farm comprising a group of wind-power generators (Ai), a communications network (RS) and a supervision and control system (ST). The inventive system comprises: means for connecting to the supervision and control system (ST); means for receiving data from said supervision and control system (ST), namely data relating to the apparent power output P_{out} at each instant by the farm and data relating to the wind-power generator (Ai) variables and states; means for comparing said apparent output power P_{out} with a pre-established set value P_{cons} for the apparent power of the farm; and means for the continuous correction of the apparent output power P_{out} , such that said apparent output power P_{out} always approximates the pre-established set power value P_{cons} .

[Continúa en la página siguiente]

WO 2005/085634 A1



IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

— con informe de búsqueda internacional

(84) Estados designados (*a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,

Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.

(57) Resumen: Procedimiento y sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico que comprende un grupo de aerogeneradores (Ai), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST). El sistema de la invención comprende: medios de conexión con dicho sistema de supervisión y control (ST), - medios de recepción desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a la potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variaciones y estados de los aerogeneradores (Ai), - medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque, - medios de corrección en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

SISTEMA DE REGULACIÓN DE POTENCIA ACTIVA DE UN PARQUE EÓLICO

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico, sistema que se integra en el sistema de control y supervisión del propio parque eólico.

Antecedentes de la invención

Básicamente, un aerogenerador produce electricidad de la siguiente forma: el viento hace girar el rotor del aerogenerador, lo que provoca el giro de un generador (una dinamo) que produce electricidad.

Los principales componentes de la góndola de un aerogenerador son:

- Rotor: está constituido por unas palas que recogen el viento; se atornilla al eje principal.
- Eje principal: entre rotor y multiplicadora.
- Multiplicadora: conectada entre el rotor (al otro extremo del eje principal) y el generador de electricidad.
- Generador de electricidad
- Sistema de corona: permite el giro de la góndola para orientarse frente al viento según la señal de la veleta conectada al sistema de control.
- Sistema de control: controla la mayoría de las partes del aerogenerador; así, por ejemplo, controla el sistema de corona.

Un parque eólico está formado por uno o más aerogeneradores (hasta cientos) y otros elementos como un centro de transformación o subestación eléctrica y una o más torres meteorológicas. Todos estos elementos suelen estar supervisados por un sistema de supervisión y control de parque (o telemando) instalado en un ordenador central ubicado en el propio parque eólico y conectado a los aerogeneradores a través de una red de comunicaciones local. La aplicación instalada en este ordenador central recoge las variables de funcionamiento de los mencionados elementos así como las alarmas que en ellos se producen.

Actualmente, la potencia generada por un parque eólico es íntegramente evacuada a la red de distribución. De esta forma, si la compañía eléctrica autoriza un aporte máximo de potencia de X Mw, la instalación de aerogeneradores en cuanto a número y potencia nominal deberá ajustarse a esta limitación. Normalmente, en base a esta limitación de potencia, se realiza un estudio del emplazamiento y las posibles localizaciones de las máquinas para determinar el número óptimo de aerogeneradores a instalar para obtener la máxima producción.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento de regulación de potencia activa de un parque eólico para obtener en salida la potencia aparente deseada, de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 5, respectivamente. Realizaciones preferidas del sistema y del método se definen en las reivindicaciones dependientes.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema de regulación de potencia que permite optimizar la producción de un parque, aumentando el número de máquinas instaladas. En esta situación, se puede considerar la posibilidad de realizar una instalación cuya capacidad nominal de generación de potencia supere la autorizada por la compañía eléctrica, para lo cual el sistema de regulación de la invención garantiza que la potencia evacuada en un instante dado no supera los límites establecidos.

Tradicionalmente en los parques eólicos se buscaba la no generación de potencia reactiva, por tanto, $\cos\Phi = 1$ y, por tanto, potencia aparente = potencia activa. Sin embargo, a lo largo de la presente memoria se distinguen potencia aparente y potencia activa, y así, hablamos de potencia aparente cuando hacemos referencia a la potencia final a conseguir en el parque, la potencia de salida. Y hablamos de potencia activa, aplicada al *set-point* de regulación de las máquinas, ya que es sobre éste parámetro en concreto sobre el que actúa el regulador; sobre el *set-point* de potencia activa.

El sistema de regulación de potencia activa de la invención tiene la capacidad de regular de forma dinámica la generación de potencia aparente de un parque eólico.

Es decir, el sistema de regulación de potencia de la invención, que bien se integra completamente en el sistema de control y supervisión del parque eólico o bien está conectado a él, tiene la capacidad de realizar las siguientes funciones:

- limitación de potencia de parque (envío de comandos de PAUSA a las máquinas para anular el excedente de potencia total respecto a una consigna establecida. La parada de máquinas se realiza en función de prioridades calculadas automáticamente según unos criterios de ponderación); y
- regulación de potencia aparente de parque (corrección en continuo de la potencia total de evacuación del parque para acercarse de forma óptima a un valor de consigna establecido. La corrección se ejecuta a través del cambio del *set-point* de potencia activa nominal de la máquina).

La invención se refiere a un sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores A_i , una

red de comunicaciones RS y un sistema de supervisión y control ST. El sistema de regulación comprende:

- medios de conexión con dicho sistema de supervisión y control,
- medios de recepción desde dicho sistema de supervisión y control ST de datos
5 relativos a la potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores,
- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- medios de corrección en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} ,
10 de forma que esta P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

De esta forma, al tener el parque capacidad de regulación, la potencia nominal del parque, calculada como suma de las potencias nominales de los aerogeneradores A_i que forman el parque, puede ser superior al valor de potencia máxima autorizado
15 por la compañía eléctrica.

Como se ha indicado, el sistema de supervisión y control ST suministra al sistema de regulación de potencia la información recogida desde los aerogeneradores del parque (variables y estados de los mismos), así como desde la subestación eléctrica (potencia aparente evacuada P_{out}); por ello, la subestación eléctrica deberá
20 estar integrada en el sistema de supervisión y control para leer la potencia activa y reactiva que el parque está evacuando a la red, y calcular con ellas la potencia aparente evacuada P_{out} por el parque.

El valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia del parque puede ser actualizado dinámicamente, por ejemplo, desde un despacho de operación.

25 Este valor de consigna P_{cons} es el valor al que debe tender la potencia total del parque. El sistema de regulación de la invención será más óptimo cuanto más se acerque a este valor de consigna P_{cons} de regulación, aun teniendo en cuenta la lentitud en la respuesta del sistema (parque) ante la petición de nuevas consignas y la variabilidad del viento en el emplazamiento.

30 Preferiblemente, los medios de corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} comprenden:

- medios para calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores A_i ,
- 35 - medios de selección de, en función de dichos datos relativos a variables y

- 4 -

estados de los aerogeneradores A_i , sobre qué aerogenerador o aerogeneradores $A_{i_{selec}}$ se puede actuar,

- medios de envío a dichos uno o más aerogeneradores $A_{i_{selec}}$ seleccionados, a través del sistema de supervisión y control ST y de la red de comunicaciones RS del parque, de órdenes relativas a:

- regulación de *set-point* de potencia activa o punto de trabajo, y/o
- parada o arranque.

En el caso envío de una orden de parada de uno o más aerogeneradores (por ejemplo, para limitación de potencia evacuada) ésta se aplica de forma controlada no aleatoria, es decir, se evalúa en continuo la prioridad de las máquinas afectadas en función de dos tipos de criterios:

- Fijos. Algunos de los criterios fijos a aplicar son: tipos de máquinas (potencia); situación de las máquinas en parque; selección manual del operador.

- Variables. Algunos de los criterios variables a aplicar son: potencia producida total por el aerogenerador o máquina; número de alarmas de la máquina (según el tipo de alarma).

A cada uno de estos criterios fijos y variables se le asigna un peso en la fase de configuración del sistema de regulación, de forma que la aplicación de estos pesos a cada una de los criterios fijos y variables determina un orden de prioridad de parada de cada aerogenerador, para así ir anulando el excedente de potencia total respecto a la consigna establecida.

La capacidad de regulación del parque se calcula como la suma de la capacidad de regulación de cada aerogenerador o máquina. La capacidad de regulación de cada máquina se calcula en función de la última potencia activa instantánea leída de la máquina y del límite mínimo de regulación previamente configurado. El límite *set-point* de potencia activa mínimo al que se puede ajustar una máquina es, por ejemplo, el 65% de su potencia nominal característica; es decir, en una máquina de 850 kw de potencia nominal característica, el *set-point* mínimo de potencia nominal permitido es su 65%, es decir, 552 kw. Por tanto, la capacidad de regulación de una máquina en un momento dado será la diferencia entre la potencia activa actual y el 65% de la potencia nominal del tipo de máquina del que se trate. Es decir, una máquina de 850 kw que en un instante t_0 esté generando 700 kw, tendrá una capacidad de regulación de $700 - 552 = 148$ kw.

Es decir, el sistema de regulación de potencia de la invención realiza un ajuste optimizado de potencia cuando la potencia total P_{out} evacuada (o producida) en un

parque supera o está por debajo de una consigna dada P_{cons} .

Preferiblemente el sistema de regulación también puede comprender un control de seguridad con:

- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna de seguridad $P_{\text{cons,seg}}$ de potencia del parque, de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{\text{cons,seg}}$, el sistema envía orden de parada de emergencia a uno o más aerogeneradores (A_i).

En el sistema de regulación de potencia de la invención ciertos parámetros son configurables en función de una serie de consideraciones del entorno de funcionamiento como, por ejemplo, el tiempo máximo en que se puede sobrepasar una potencia determinada, bien por protección en la subestación, bien por aplicación de penalizaciones; el tiempo de muestreo de los aerogeneradores por el sistema de supervisión y control del parque, o la distribución de viento en el parque.

Esta parametrización o ajuste del sistema de regulación puede llevar cierto tiempo hasta adecuarlo a las condiciones concretas del parque.

La limitación de potencia también puede aplicarse al ámbito de varios parques eólicos, que en su conjunto no pueden superar una potencia total de evacuación, determinada por limitaciones en la subestación colectora común.

El valor de consigna P_{cons} de regulación se establece según ciertos criterios de entorno como, por ejemplo:

- El número de máquinas en el ramal, en caso de tener una red de comunicaciones serie en el parque, ya que cuantas más máquinas tengamos en el ramal la desviación sobre las condiciones instantáneas de funcionamiento es mayor y por tanto la desviación respecto a la consigna establecida será mayor
- En caso de existir una protección hardware en la subestación que dispare ante la lectura de una potencia de evacuación mayor a la limitada por la compañía eléctrica.
- Características del emplazamiento en cuanto a distribución del viento a lo largo del parque ya que el hecho de que unas máquinas vean más viento que otras supone en ocasiones una reducción en la capacidad de regulación del parque.

Por otro lado, el valor de consigna de seguridad $P_{\text{cons,seg}}$ se establece con el objetivo de proteger al parque de disparos no deseados de la subestación o a la aplicación de penalizaciones por evacuación superior a la permitida por la compañía eléctrica.

Cuando estando en fase de regulación de potencia del parque se detecta un incremento de la potencia total que supera este límite de seguridad, significa que la

- 6 -

respuesta del sistema no va a ser suficientemente rápida para compensar este exceso de potencia evacuada. Entonces, el regulador lanza una serie de acciones orientadas a resolver inmediatamente la situación, por ejemplo, mandando órdenes de parada de emergencia controlada a las máquinas.

5 La invención también se refiere a un procedimiento de regulación de potencia aparente de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST), comprendiendo el procedimiento:

- recibir desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
 - comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
 - corregir en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} ,
- 15 de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

Preferiblemente la corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} comprende:

- calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
 - seleccionar, en función de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i) sobre qué aerogenerador o aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) se puede actuar,
- 25 - enviar a dichos uno o más aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) seleccionados, a través del sistema de supervisión y control (ST) y de la red de comunicaciones (RS) del parque, órdenes relativas a:
- regulación de *set-point* de potencia activa o punto de trabajo, y/o
 - parada o arranque.

30 Cuando la corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} implica el envío de órdenes relativas a parada de uno o más aerogeneradores (A_i), dicha selección se realiza según un grupo de criterios preestablecidos.

El procedimiento de la invención además puede comprender un control de seguridad en el que:

- 35 - se compara dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido

- 7 -

de consigna de seguridad $P_{\text{cons.seg}}$ de potencia del parque,
de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{\text{cons.seg}}$, se envía orden de parada a uno o
más aerogeneradores (A_i).

5 El procedimiento de la invención puede funcionar según un modo de
funcionamiento en el que se prioriza la regulación del *set-point* de potencia o punto de
trabajo de dichos uno o más aerogeneradores frente a la parada o arranque de otro u
otros aerogeneradores; en tal caso, se regula al máximo la potencia en aquellos
aerogeneradores seleccionados para ello, y cuando sea necesaria una limitación
mayor, se procederá a la detención de uno o más aerogeneradores.

10 También puede funcionar según un modo de funcionamiento en el que se
prioriza el paso a parada o arranque de dichos uno o más aerogeneradores frente a la
regulación del *set-point* activa de potencia o punto de trabajo de otro u otros
aerogeneradores; en tal caso, se para o arranca uno o más generadores, y como
ajuste fino, se regula la potencia activa de otro u otros aerogeneradores, según la
15 necesidad de potencia.

Preferiblemente el sistema de la invención incluye medios para el cálculo de
tendencia de potencia activa de un aerogenerador, es decir, sobre la potencia predicha
a n segundos.

20 Así, el sistema de regulación de potencia de la invención permite corregir la
potencia aparente evacuada P_{out} en base, no a la potencia leída en un instante dado a
salida de subestación, sino a un algoritmo de predicción de potencia activa que
permite obtener dicho valor previsto para unos cuantos segundos posteriores.

El algoritmo de predicción de potencia activa se basa en el seguimiento de la
tendencia de la variable potencia total de parque en función de sus históricos.

25 El interés de una regulación en base a predicción de potencia activa se
presenta cuando las condiciones de entorno exigen una actuación suficientemente
rápida del regulador. Hay que tener en cuenta que el sistema a regular, un parque de
aerogeneradores, es un sistema lento en reaccionar. Tal y como hemos ido
mencionando a lo largo de la descripción, las órdenes enviadas por el regulador tienen
30 su efecto pasados bastantes segundos. En ocasiones, la instalación no permite este
tiempo de reacción por lo que es necesario adelantarse al comportamiento del sistema
para evitar disparos de subestación o similar.

Dada la complejidad que supone determinar el valor de potencia activa a varios
segundos vista, es posible que regular de esta forma suponga perder cierta precisión
35 en el ajuste. No obstante, se considera asumible frente a provocar disparos de

subestación que pararían el parque completo o a la aplicación de penalizaciones.

Breve descripción de los dibujos

5 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La figura 1 es un esquema genérico de un parque eólico.

La figura 2 muestra una gráfica que representa los valores de potencia total leídos de la subestación.

10 Descripción de una realización preferida de la invención

La figura 1 muestra un esquema sencillo de un parque eólico; para evitar complejidad del dibujo, en este parque se muestran dos aerogeneradores A1 y A2 y un centro de transformación o subestación eléctrica SB. Los diferentes elementos del parque están supervisados por un sistema de supervisión y control de parque (o telemando) ST instalado en un ordenador central ubicado en el propio parque eólico y conectado a los aerogeneradores a través de una red de comunicaciones local RS, por ejemplo, una red RS-232. La aplicación instalada en este ordenador central recoge las variables de funcionamiento de los elementos del parque, su estado, así como las alarmas que en ellos se producen. Adicionalmente el parque puede tener una red de comunicaciones vía ethernet RE (no mostrada). El sistema de supervisión y control de parque ST está así mismo conectado a la unidad central de subestación UCS, a través del cual recibe información de la propia subestación SB.

En la figura 2 se muestra una gráfica que representa los valores de potencia total leídos de la subestación:

25 La curva 1 muestra la potencia aparente evacuada P_{out} leída desde la subestación, mientras que las curvas 3 y 2 muestran los valores de potencia activa predicha a n segundos (es decir, el valor de potencia previsto para unos cuantos segundos posteriores) y la potencia activa predicha de regulación, respectivamente; por otro lado, la línea 4 muestra el valor de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ (que se establece con el objetivo de proteger al parque de disparos no deseados de la subestación o a la aplicación de penalizaciones por evacuación superior a la permitida por la compañía eléctrica) y la línea 5 muestra el valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia.

Configuración de la aplicación

35 La aplicación permite a un operador realizar ciertas operaciones de

configuración sobre el modo de funcionamiento del sistema de regulación como por ejemplo:

1. Ajustar un conjunto de parámetros referentes a:

- 5 - Activar / desactivar la funcionalidad de regulación de potencia para uno o más aerogeneradores.
 - Establecer las consignas que limitan el funcionamiento del algoritmo: consigna de regulación (que puede ser actualizada dinámicamente) y consigna de seguridad (provoca paradas “instantáneas” de aerogeneradores o máquinas); consigna de tiempo de predicción de regulación y consigna de tiempo de predicción de seguridad
10 (valor predicho de potencia que provoca paradas “instantáneas” de máquinas).
 - Establecer los parámetros referentes al fichero de traza (log) de la aplicación.
 - Establecer el ámbito de aplicación del sistema de regulación: número de máquinas, % de potencia nominal que indica la potencia nominal mínima (*set-point*) que se puede aplicar a un aerogenerador (este valor viene determinado por el Sistema
15 de Control del aerogenerador).
2. Se pueden deshabilitar máquinas para esta funcionalidad de regulación de potencia, como, por ejemplo, máquinas que den problemas o que no se desee parar o regular por cualquier motivo.
3. Se pueden establecer los valores de ponderación de los criterios fijos y variables
20 que priorizan el envío de una orden de parada de unas máquinas sobre otras.
4. También es posible configurar los ramales del parque según la topología de la red de comunicaciones del parque.
5. En todo momento la aplicación permite consultar el estado de las máquinas en relación con la aplicación del algoritmo, mostrando los datos sobre la aplicación del
25 algoritmo en cada aerogenerador.

Funcionamiento de la aplicación

Una vez realizada la configuración completa de la aplicación, comienza la ejecución del lazo de regulación que corrige continuamente la potencia aparente P_{out} medida a la salida de la subestación para ajustarse al valor de consigna P_{cons} de
30 regulación de potencia que, de forma manual o dinámica (por ejemplo, a partir de otra herramienta), es introducida en la aplicación.

La regulación se aplica de la siguiente forma:

- 35 - Si la potencia aparente evacuada P_{out} supera el valor de consigna P_{cons} de regulación, el sistema corregirá la “sobre-potencia” aplicando alguno de los dos criterios siguientes (según la configuración de la funcionalidad):

Priorizar regulación de aerogeneradores

En este caso, se regulará al máximo la potencia activa en aquellas máquinas designadas para ello y, cuando sea necesaria una limitación mayor, se procederá a la detención de máquinas.

5 Priorizar el paso a pausa de máquinas

En este caso, se parará una o varias máquinas y, como ajuste fino, regulará la potencia de otras (según configuración) hasta que la potencia producida esté dentro del límite.

10 - Si la potencia aparente evacuada P_{out} cae por debajo del valor de consigna P_{cons} de regulación, el sistema arrancará alguna de las máquinas que él mismo ha puesto en pausa o variará (aumentará) el *set-point* de potencia de la máquinas que estaban reguladas, según la necesidad de potencia.

15 La estrategia de regulación del *set-point* de potencia y la de parada-arranque de máquinas se ejecutan simultáneamente. Sin embargo, para una mejor comprensión de ambas, pasamos a describirlas separadamente.

Descripción del sistema regulador de potencia

Los datos de entrada del sistema de regulación de potencia son, por un lado, la lectura de la potencia activa y reactiva medidas en la línea de evacuación de la subestación y, por otro, las variables y estados de los aerogeneradores.

20 Con las potencias activa y reactiva de evacuación se calcula la potencia aparente evacuada P_{out} y se compara con el valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia de parque. Los tiempos de muestreo de estos valores están entre 0,5 y 1,5 segundos.

25 Con los valores de potencia activa y estado de las máquinas se calcula la capacidad de regulación que tiene el parque en un instante dado. Hay que tener en cuenta que la distribución de viento en un parque no tiene por qué ser homogénea, de forma que no todos los aerogeneradores tienen la misma capacidad de regulación; de hecho, algunos de ellos pueden no tener ninguna capacidad de regulación.

30 El tiempo de muestreo de las variables del aerogenerador, en el caso de una red de comunicaciones serie en el parque, dependerá del número de máquinas por ramal; podemos considerar aproximadamente 0,6 segundos por máquina * número de máquinas en el ramal. En caso de red ethernet se podrán muestrear todas a aproximadamente 1Hz.

35 La regulación consiste en variar el *set-point* de potencia activa de los aerogeneradores. Una vez se calcula la capacidad de regulación de los

aerogeneradores, el algoritmo determina el nuevo *set-point* de potencia activa que es enviado a todas las máquinas a la vez.

El tiempo de reacción de los aerogeneradores ante el nuevo *set-point* de potencia nominal depende de la potencia que haya que aumentar o disminuir; podemos considerar como referencia unos 3 ó 4 segundos.

El nuevo *set-point* nominal hará que la potencia aparente total se aproxime a la consigna de potencia y se cierra el lazo con un nuevo muestreo de la potencia de salida del parque.

Descripción del algoritmo de parada y arranque de máquinas

La manera de priorizar la parada de máquinas se consigue configurando la herramienta de forma que se deje poco margen de regulación; por ejemplo:

- activando ninguna o muy pocas máquinas para regulación, o
- aumentando el % del límite de la consigna de potencia activa nominal del aerogenerador.

El sistema calcula continuamente la prioridad de parada de máquinas en función de la ponderación de los criterios fijos y variables aplicados a los valores leídos de los aerogeneradores a través del telemando.

Cuando el sistema de regulación determina que es necesario parar una o varias máquinas, se envía la correspondiente orden de parada a la primera máquina de la lista y así sucesivamente con un intervalo en segundos entre orden y orden. Este intervalo en segundos se puede configurar.

Existen dos tipos de parada de máquina: parada de máquina normal y parada de máquina de seguridad.

1. Parada de máquina normal

La parada de máquina normal se produce cuando la potencia leída es superior al valor de consigna P_{cons} de regulación de potencia y menor al valor de consigna de seguridad $P_{\text{cons.seg}}$ y este excedente no puede ser anulado con la capacidad de regulación que tiene en ese instante el parque.

Entonces, el sistema selecciona la máquina con más prioridad de la lista de aerogeneradores en regulación y le envía una orden de PAUSA. El tiempo que tarda en pasar una máquina a pausa depende de la potencia que esté generando en ese momento: podemos considerar que el paso a pausa requiere un tiempo de unos 20 segundos.

2. Parada de máquina de seguridad

La parada de máquina de seguridad se produce cuando la potencia leída es

superior al valor de consigna de seguridad $P_{\text{cons. seg}}$.

Entonces, el sistema selecciona la máquina con más prioridad de la lista de aerogeneradores en regulación y le envía una orden de EMERGENCIA, que supone una parada de emergencia controlada y desconecta la máquina de la red
5 inmediatamente y, tras 35 segundos, aplica freno.

Cuando el sistema de regulación determina que es necesario arrancar una o varias máquinas, se envía la correspondiente orden de marcha a la máquina que lleva más tiempo parada y así sucesivamente con un intervalo en segundos entre orden y orden. Este intervalo en segundos se puede configurar en la aplicación.

10 El sistema no enviará orden de arrancar ninguna máquina que el propio sistema no haya parado. De esta manera no se interferirá con cualquier otra operación del parque.

Por último, en caso de querer realizar una regulación de potencia basada en predicción de potencia, la manera de activarla es asignando valores en segundos a los
15 parámetros recogidos en la ventana de configuración del sistema.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST), comprendiendo el sistema:
- 5 - medios de conexión con dicho sistema de supervisión y control (ST), caracterizado porque el sistema además comprende
- medios de recepción desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a la potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- 10 - medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- medios de corrección en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , que consisten en variar el *set-point* de potencia activa de los aerogeneradores, de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al
- 15 valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.
2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado porque dichos medios de corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} comprenden:
- medios para calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante
- 20 en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- medios de selección de, en función de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i), sobre qué aerogenerador o aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) se puede actuar,
- 25 - medios de envío a dichos uno o más aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) seleccionados, a través del sistema de supervisión y control (ST) y de la red de comunicaciones (RS) del parque, de órdenes relativas a:
- regulación de *set-point* de potencia activa o punto de trabajo, y/o
- parada o arranque.
- 30
3. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende un control de seguridad con:
- medios para comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ de potencia del parque,
- 35 de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{cons.seg}$, el sistema envía orden de parada a

uno o más aerogeneradores (A_i).

4.- Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende medios para el cálculo de tendencia de potencia activa.

5

5.- Procedimiento de regulación de potencia activa de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (A_i), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST), comprendiendo el procedimiento:

- 10 - recibir desde dicho sistema de supervisión y control (ST) de datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} en cada instante por el parque, y de datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna P_{cons} de potencia aparente del parque,
- 15 - corregir en continuo de dicha potencia aparente evacuada P_{out} , variando el *set-point* de potencia activa de los aerogeneradores, de forma que esta potencia aparente evacuada P_{out} se aproxime en todo momento al valor de consigna de potencia P_{cons} preestablecido.

20 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado la corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} comprende:

- calcular la capacidad de regulación del parque para cada instante en función de dichos datos relativos a potencia aparente evacuada P_{out} y de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i),
- 25 - seleccionar, en función de dichos datos relativos a variables y estados de los aerogeneradores (A_i) sobre qué aerogenerador o aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) se puede actuar,
- enviar a dichos uno o más aerogeneradores ($A_{i_{selec}}$) seleccionados, a través del sistema de supervisión y control (ST) y de la red de comunicaciones (RS) del parque,
- 30 órdenes relativas a:
- regulación de *set-point* de potencia activa o punto de trabajo, y/o
 - parada o arranque.

7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque cuando la

35 corrección en continuo de la potencia aparente evacuada P_{out} implica el envío de

-15-

órdenes relativas a parada de uno o más aerogeneradores (A_i), dicha selección se realiza según un grupo de criterios preestablecidos.

5 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 5-7, caracterizado porque comprende un control de seguridad en el que:

- se comparar dicha potencia aparente evacuada P_{out} con un valor preestablecido de consigna de seguridad $P_{cons.seg}$ de potencia del parque, de forma que si dicha P_{out} es superior a $P_{cons.seg}$, se envía orden de parada a uno o más aerogeneradores (A_i).

10

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, caracterizado porque se prioriza la regulación del *set-point* de potencia activa o punto de trabajo de dichos uno o más aerogeneradores frente a la parada o arranque de otro u otros aerogeneradores.

15

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 6-8, caracterizado porque se prioriza la parada o arranque de dichos uno o más aerogeneradores frente a la regulación del *set-point* de potencia activa o punto de trabajo de otro u otros aerogeneradores.

20

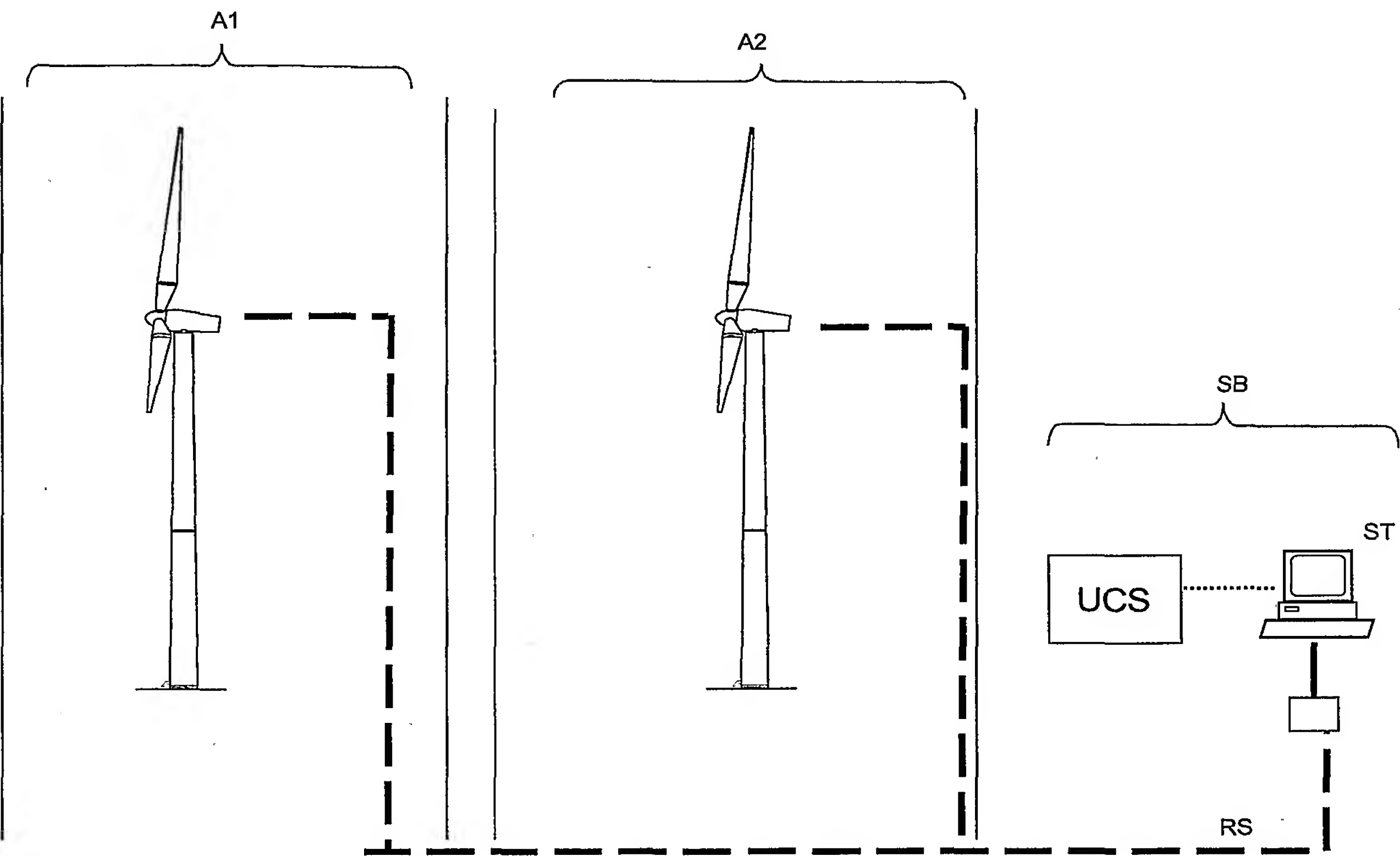


FIG. 1

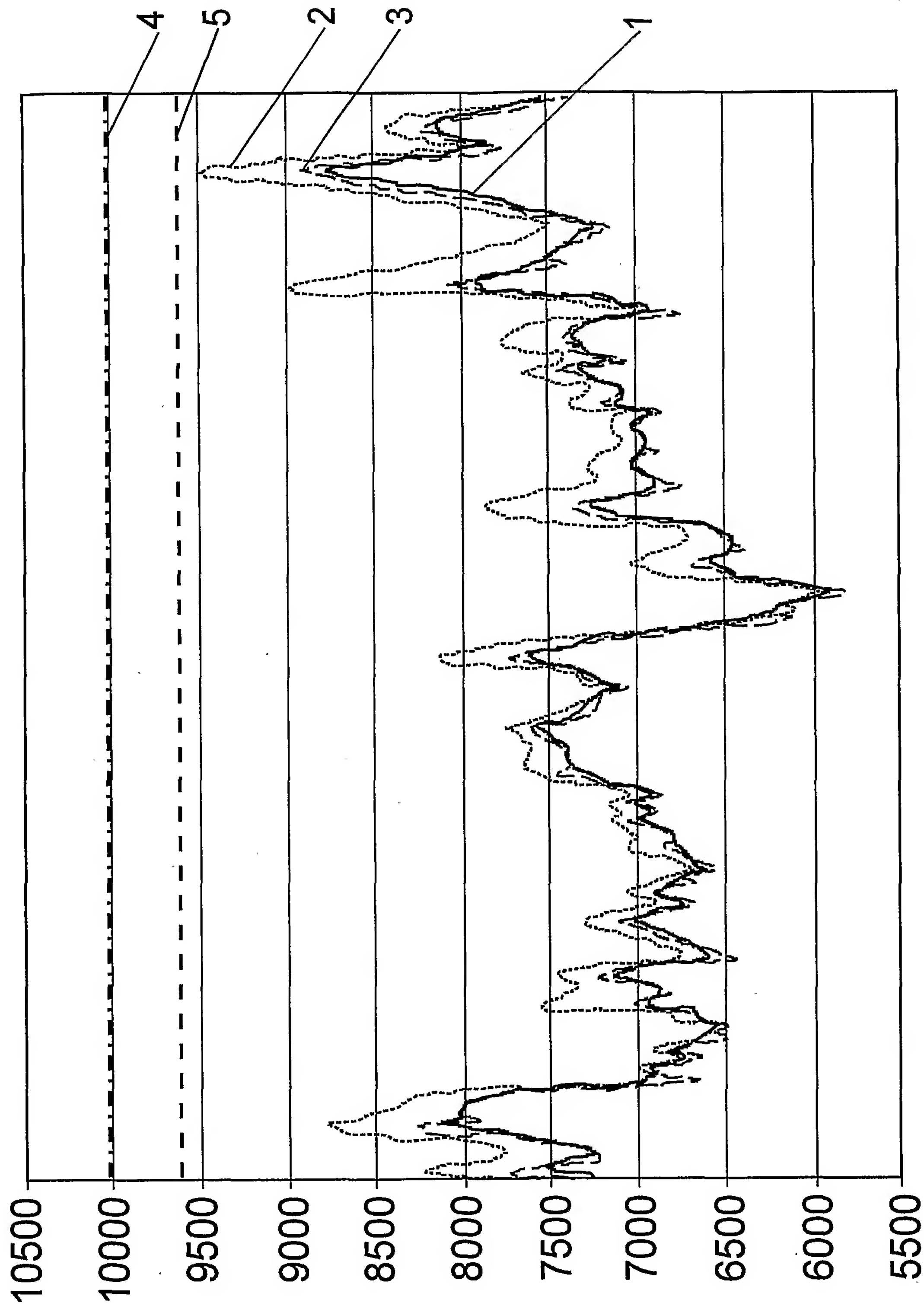


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ ES 2005/000111

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC ⁷ F03D7/04 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC ⁷ F03D+				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	WO 0125630 A1 (WOBBEN A.) 12.04.2001. The whole document.	1-10		
A	WO 0173518 A1 (ABB RESEARCH LTD) 04.10.2001. The whole document.	1-10		
A	US 2003102675 A1 (NOETLICH S) 05.06.2003. The whole document.	1-10		
A	US 2002029097 A1 (PIONZIO, J.R. et al.) 07.03.2002. Page 3, paragraphs 42-44.	1-10		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.				
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top; border: none;"> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 17 June 2005 (17.06.2005)		Date of mailing of the international search report 22 June 2005 (22.06.2005)		
Name and mailing address of the ISA/ <div style="text-align: right;">SPTO</div>		Authorized officer		
Facsimile No.		Telephone No.		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ ES 2005/000111

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0125630 A1	12.04.2001	CA 2388509 A1 AU 6690400 A DE 19948196 A1 EP 1222389 A1 EP 20000954452 DE 20023134 U JP 2003511615 T AT 243301 T DE 50002611 D DK 1222389 T PT 1222389 T ES 2197112 T US 6724097 B1	12.04.2001 10.05.2001 17.05.2001 17.07.2002 08.07.2000 06.03.2003 25.03.2003 15.07.2003 24.07.2003 06.10.2003 28.11.2003 01.01.2004 20.04.2004
WO 0173518 A1	04.10.2001	NO 20001641 A AU 4488101 A EP 1269282 A1 EP 20010918009	01.10.2001 08.10.2001 02.01.2003 28.03.2001
US 2003102675 A1	05.06.2003	WO 0180395 A2 AU 6203801 A DE 10020965 A1 EP 1275186 A2 EP 20010935974 DE 10191497 D	25.10.2001 30.10.2001 31.10.2001 15.01.2003 17.04.2001 05.06.2003 05.06.2003
US 2002029097 A1	07.03.2002	WO 0177525 A1	18.10.2001

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ ES 2005/000111

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

CIP⁷ F03D7/04

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y la CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

CIP⁷ F03D+

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

CIBEPAT, EPODOC, WPI, PAJ

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
X	WO 0125630 A1 (WOBBEN A.) 12.04.2001. Todo el documento.	1-10
A	WO 0173518 A1 (ABB RESEARCH LTD) 04.10.2001. Todo el documento	1-10
A	US 2003102675 A1 (NOETLICH) 05.06.2003. Todo el documento.	1-10
A	US 2002029097 A1 (PIONZIO, J.R. et al.) 07.03.2002. Página 3, párrafos 42-44.	1-10

☐ En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

* Categorías especiales de documentos citados:	"T"	documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.
"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.	"X"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.
"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.	"Y"	documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.
"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).	"&"	documento que forma parte de la misma familia de patentes.
"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.		
"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.		

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.

17.Junio.2005 (17.06.2005)

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

22 JUN 2005 22.06.2005

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.

C/Panamá 1, 28071 Madrid, España.

Nº de fax 34 91 3495304

Funcionario autorizado

P. Valbuena Vázquez

Nº de teléfono + 34 91 3495494

INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/ ES 2005/000111

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de publicación
WO 0125630 A1	12.04.2001	CA 2388509 A1 AU 6690400 A DE 19948196 A1 EP 1222389 A1 EP 20000954452 DE 20023134 U JP 2003511615 T AT 243301 T DE 50002611 D DK 1222389 T PT 1222389 T ES 2197112 T US 6724097 B1	12.04.2001 10.05.2001 17.05.2001 17.07.2002 08.07.2000 06.03.2003 25.03.2003 15.07.2003 24.07.2003 06.10.2003 28.11.2003 01.01.2004 20.04.2004
WO 0173518 A1	04.10.2001	NO 20001641 A AU 4488101 A EP 1269282 A1 EP 20010918009	01.10.2001 08.10.2001 02.01.2003 28.03.2001
US 2003102675 A1	05.06.2003	WO 0180395 A2 AU 6203801 A DE 10020965 A1 EP 1275186 A2 EP 20010935974 DE 10191497 D	25.10.2001 30.10.2001 31.10.2001 15.01.2003 17.04.2001 05.06.2003 05.06.2003
US 2002029097 A1	07.03.2002	WO 0177525 A1	18.10.2001